



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Державна установа
«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України
 **Ярослав БЛЮМ**
наказ № 22 від 29 травня 2024 р.



**ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
АРХІТЕКТУРА ЦИТО- ТА НУКЛЕОСКЕЛЕТУ
ТА МОРФОГЕНЕЗ КЛІТИН**

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії
галузь знань 09 «Біологія»

спеціальність 091 «Біологія та біохімія»

Шифр за ОНП – ОК 1.5.

КИЇВ – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за *спеціальністю* 091 «Біологія та біохімія» за *профілем підготовки* «Цитологія, клітинна біологія, гістологія»
«29» травня 2024 року – 20 с.

Розробник:

Блюм Я.Б., д.б.н., професор, академік НАН України.

Робоча програма дисципліни «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» (протокол № 7 від «29» травня 2024 року).

Робоча програма дисципліни «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» розглянута на засіданні випускового відділу геноміки та молекулярної біотехнології ДУ «ІХБГ НАН України».

Завідувач відділу академік НАН України

Ярослав БЛЮМ

27 травня 2024

© **Блюм Я.Б.**, 2024 рік
© _____, 20__ рік
© _____, 20__ рік

ВСТУП

Навчальна дисципліна «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії *галузі знань 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія та біохімія*.

Дана дисципліна є обов'язковою дисципліною за *спеціальністю 091 Біологія та біохімія*.

Викладається у 3 семестрі II курсу аспірантури **в обсязі – 140 год. (3 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 22 год, практичні роботи – 18 год, самостійна робота – 80 год*. У курсі передбачено 2 змістових модулі. Завершується дисципліна іспитом.

Мета дисципліни – поглиблення знань здобувачів про будову і механізми функціонування клітин, функції скелетних компонентів еукаріотичної клітини – цитоскелету та нуклеоскелету, про процеси морфогенезу клітин, їх адаптацію до умов навколишнього середовища, дослідження особливостей архітектури спеціалізованих типів клітин, участь скелетних структур у розвитку специфічних клітинних утворень тощо.

Завдання:

- 1) поглибити знання про походження і загальні закономірності еволюційного розвитку клітини та її компонентів;
- 2) розширити уявлення про сучасні методи досліджень клітини та окремих субклітинних структур;
- 3) вивчити структурно-функціональні адаптації клітинних структур до різноманітних умов довкілля;
- 4) сформувати уміння застосувати знання з клітинної біології у професійній діяльності.
- 5) сформувати здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій;
- 6) прищепити навички самостійної роботи і аналізу отриманих результатів дослідження.

В результаті вивчення навчальної дисципліни у здобувачів мають бути сформовані:

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань та професійної практики, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК01. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розробляти та управляти проектами.

ЗК04. Здатність мотивувати людей та рухатися вперед.

ЗК05. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК06. Здатність працювати автономно та в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК01. Здатність аналізувати явища та процеси з точки зору фундаментальних загальнонаукових принципів і знань, адекватно застосовувати концептуальні та методологічні знання в галузі біології.

СК02. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, зокрема, і міждисциплінарних.

СК03. Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові ідеї.

СК04. Здатність ініціювати, планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які мають бути оприлюднені у наукових виданнях.

СК05. Здатність обирати методи та критерії оцінки досліджуваних феноменів та процесів в галузі біології відповідно до цілей та завдань наукового дослідження.

СК06. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних, електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК07. Здатність ініціювати, розробляти, реалізовувати комплексні інноваційні проекти.

СК08. Здатність оприлюднювати результатів наукових досліджень в усній і письмовій формах відповідно до національних та міжнародних стандартів у академічній спільноті та суспільстві.

СК09. Здатність дотримуватись етичних принципів, академічної доброчесності та авторського права в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК10. Здатність сформулювати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір, навчатись упродовж життя.

СК11. Здатність використовувати закономірності та сучасні досягнення молекулярної генетики, клітинної біології, біотехнології у поєднанні з сучасним інструментарієм для дослідження біологічних систем та процесів.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

PH02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

PH03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

PH06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

PH07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

PH08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

PH09. Знати міжнародну клітинно-біологічну термінологію; будову клітин, життєвий цикл, механізми регуляції фізіологічних процесів у клітинах; будову тканин та органів; вплив зовнішніх факторів довкілля на структуру та функції клітин, тканин, органів, систем органів та організм; доречність використання у клітинній біології та цитології комплексних методів мікроскопічного, електронно-мікроскопічного, авторадіографічного методів дослідження, світлової мікроскопії високої роздільної здатності, динамічної мікроскопії живих клітин, проточної цитометрії; основи сучасних методів культивування та практичного використання клітинних культур, тощо.

PH10. Мати чіткі сучасні уявлення про структуру, тонку структуру генів, еволюцію генетичних систем клітин, біосинтез ДНК, механізми та закономірності передачі генетичної інформації від клітини до клітини, від покоління до покоління, експресію генів, що проявляються в конкретних ознаках і властивостях клітин; методи вивчення нуклеїнових кислот та розроблення нових методів і біотехнологій для практичного використання.

PH11. Володіти знаннями про методи поліпшення функцій та потенціалу живих організмів, експериментальні методи роботи, можливості їхнього

використання у виробничих процесах синтезу біологічно-активних речовин, антибіотиків, отримання генетично модифікованих та геномно редагованих організмів.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку підготовки).

Навчальна дисципліна «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є обов'язковою дисципліною з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії галузі знань 09 Біологія за спеціальністю 091 Біологія та біохімія.

При вивченні дисципліни поглиблюються знання про особливості будови клітини як структурної, функціональної одиниці живого.

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є обов'язкова дисципліна «Методологія наукових досліджень» та університетські дисципліни «Цитологія», «Молекулярна біологія», «Біохімія».

Навчальна дисципліна «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є практично-орієнтованою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної підготовки третього (освітньо-наукового) рівня з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 Біологія та біохімія.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Структурно-функціональна характеристика скелетних структур клітини

Тема 1. Скелетні структури клітини як універсальні утворення (10 год).

Загальна структурно-функціональна характеристика клітин. Прокаріотичні та еукаріотичні клітини. Тривимірний скелет клітини - інтегральні структури плазматичної мембрани, цитоплазми та ядра. Позаклітинний матрикс бактеріальних, рослинних і тваринних клітин. Основні цитоскелетні структури: мікротрубочки, актинові філаменти, проміжні філаменти. Нуклеоскелет: різні рівні укладки хромосом. Ядерний матрикс і оболонка ядра.

Тема 2. Позаклітинні скелетні структури клітини як універсальні утворення (12 год).

Клітинна стінка. Склад клітинної стінки грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів. Клітинна стінка грибів. Хітин. Клітинна стінка рослин. Хімічний склад клітинної стінки рослин: полісахариди, лігнін, білки, інкрустуючі речовини. Клітинні стінки вищих і нижчих рослин. Утворення і ріст клітинної стінки. Роль позаклітинного матриксу в організації клітини і регуляції її поведінки.

Сполучні елементи матриксу клітин тварин. Основні речовини матриксу. Колаген: структура, утворення фібрил колагену з проколагену, їх ковалентні

зишвки. Еластин. Фібронектин - ліпопротеїд, що сприяє адгезії клітин. Базальні мембрани, їх склад і функції. Ламініни.

Глікозаміноглікани. Гліколіпіди. Утворення гідратованих гелей матриксу і їх впорядкованість. Роль актинових філаментів в упорядкуванні екзоматриксу.

Тема 3. Цитоскелет як опорно-рухова система клітини (12 год).

Молекулярна організація мікротрубочок. Морфологія мікротрубочок, їх їх протофіламентна організація. Тубулін: виділення, структура. Гени тубуліну. Ізоформи тубуліну, їх функції. Білки, що асоційовані з мікротрубочками (БМ). БМ-1, БМ-2, тау-білки. Збирання мікротрубочок. Олігомерні форми тубуліну (інтермедіати). Нуклеація і елонгація мікротрубочок. Роль АТФ в збиранні мікротрубочок. Посттрансляційні модифікації білків мікротрубочок: фосфорилування, ацетилювання, метилювання, тирозилування, нітротирозилування і полігютамилування тубуліну.

Актинові філаменти в різних типах клітин. Актин і актин-зв'язуючі білки. Гени актину. Міофібрили і їх скорочення. Мікроворсинки і мікрошипни. Цитоплазматичні актинові філаменти. Їх зв'язок з мембраною. Збирання і розбирання мікрофіламентів, їх тредмілінг. Механізми скорочення актинових філаментів. Посттрансляційні модифікації білків мікрофіламентів.

Тема 4. Проміжні філаменти та скелетні структури хлоропластів та мітохондрій (12 год).

Проміжні (інтермадіатні) філаменти. Основні типи проміжних філаментів. Білки проміжних філаментів. Організація і експресія генів, що їх кодують. Збирання філаментів. Білки, що асоційовані з декількома системами філаментів. Фосфорилування білків проміжних філаментів. Зв'язок проміжних філаментів з плазматичною мембраною. Функції проміжних філаментів в зв'язку з диференційованим станом клітини.

Скелетні структури хлоропластів та мітохондрій. FtsZ білки як основні структурні елементи поділу прокаріотичних клітин. Еволюція FtsZ білки та їх спорідненість з тубуліном. Роль FtsZ білків у поділі мітохондрій та хлоропластів.

Змістовий модуль 2. Архітектура та динаміка цитоскелету та ядерна оболонка

Тема 5. Організація ядерної оболонки (12 год).

Структурна організація зовнішньої і внутрішньої ядерної мембран. Архітектура і біохімічний склад ядерного порового комплексу (тонка будова, хімічний склад і функції). Ядерний цитоплазматичний транспорт (пасивний і активний). NLS - послідовності амінокислот білків, що транспортуються в ядро; NES - послідовності амінокислот білків, що транспортуються через ядерну оболонку в цитоплазму. Ядерна мембрана у мітотичному циклі. Комплекс пор як молекулярне сито. Регульований імпорт в ядро і експорт РНК з ядра. Структура ядерної пластинки. Експресія ламінів при диференціюванні і розвитку. Зв'язок ядерної пластинки з мембранами. Зв'язок хроматину з ядерною мембраною. Синтез компонентів ядерної мембрани. Її взаємодія з цитоскелетом і перебудова під час мітозу.

Тема 6. Архітектура, динаміка та хореографія цитоскелету (12 год).

Центри організації мікротрубочок (ЦОМТи). Мітотичні ЦОМТи, базальні тільця і конективи у нижчих еукаріот. Центріоли та їх дуплікація Мікротрубочки війок і джгутиків. Рух війок та джгутиків. Динеїн. Структуровані ЦОМТи. Біохімічний склад ЦОМТів.

Утворення мітотичного веретена. Препрофазна стрічка у рослин. Рух хромосом під час профазу і метафазу. Розділення сестринських хроматид. Їх рух під час анафазу. Анафаза А і В. Фрагмопласт. Актин у складі мітотичного веретена. Роль Ca^{2+} і кальмодуліну в регуляції веретена поділу. Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини. Цитоскелет і експресія геному. Реакція цитоскелету клітини на трансформацію клітин. Цитоскелет при злитті клітин і стабільність соматичних гібридів.

Архітектура цитоскелету. Цитоскелет в спеціалізованих клітинах тваринного походження (еритроцити, тромбоцити, епітеліальні та ендотеліальні клітини). Трансформовані клітини. Клітинні стінки рослин і орієнтація мікротрубочок. Особливості організації цитоскелету в протопластах.

Хореографія цитоскелету. Руйнування, переорієнтація, стабілізація мікротрубочок під впливом специфічних сполук. Колхіцин, вінбластин, вінкристин. Гербіциди (динітроанілінові, фосфороамідні, фенілкарбаматні). Триетилсвінець. Таксол та інші сполуки, здатні стабілізувати мікротрубочки. Фалоїдин, цитохалазини. Взаємодія цитоскелету з плазматичною мембраною і позаклітинним матриксом. Регуляція форми клітини: кортикальна сітка мікротрубочок і її динамічна структура.

Тема 7. Цитоскелет і нем'язові форми рухомості (12 год).

Цитоскелет і нем'язові форми рухомості. Мехадохімічні основи нем'язової рухомості. Кінезін, динамін, динактин. Регуляція руху клітини. Рух протоплазми в еукаріотичних клітинах. Внутрішньоклітинний транспорт при участі цитоскелету. Взаємодія мікрофіламентів і мікротрубочок в позиціюванні органел.

Змістовий модуль 3. Нуклеоскелетні структури

Тема 8. Ядерні компоненти і організація ядра (14 год).

Роль ядра в життєдіяльності клітини. Ядерні компоненти прокаріотів і організація ядра еукаріотичної клітини (ядерна оболонка, хроматин, ядерця, каріоплазма і ядерний білковий матрикс). Хроматин і хромосоми. Хімічний склад хроматину: ДНК, білки (гістони, негістонові), РНК, гетерохроматин і еухроматин. Функціональні стани хромосом: інтерфазна і мітотична. Просторова локалізація хромосом в ядрі. ДНК хроматину. Унікальні, помірно- та високо-повторювані послідовності (сателітні) ДНК в кінетиці реакції ренатурації (гібридизації) ДНК, їх функціональна роль. ДНК центромер і теломер.

Білки хроматину: гістони і негістонові білки. Властивості і функції білків в компактизації ДНК. Рівні компактизації ДНК: нуклеосоми, нуклеомери, петльові домени, хромомери, хромосоми. Ядерний білковий матрикс. Хімічний склад (ДНК, РНК, фосфоліпіди). Структурні компоненти ядерного білкового матриксу: ядерна ламіна, компоненти ядерної оболонки, ядерця, каріоплазма. MAR-SAR (зони зв'язування з матриксом), реплісоми (ферменти реплікативного комплексу). РНК.

Сплайосома. Ядерце. Ядерцевий організатор. Ампліфікація ядерець. Структура і типи ядерця, хімічний склад. Білки ядерець. Неканонічні функції ядерець. РНП-компоненти ядра: перихроматинові фібрили, перихроматинові гранули, інтерхроматинові гранули.

Тема 9. Гістони як скелет хроматину (12 год).

Гістони: їх типи, амінокислотна послідовність, гістонові гени. Консервативність гістонів. Протаміни. Загальна характеристика негістонових білків: структурні білки, ферменти, рецептори гормонів. Лабільно- і міцно-зв'язані негістонові білки. НМГ-білки: первинна структура. Властивості, поширення і специфічність. Ліпіди, нуклеїнові кислоти. Гістон-гістонові взаємодії. Утворення кору нуклеосоми. Укладка гістонів, розміри і форма кору. Центральна роль тетрамеру (Н3-Н4). Структура і укладка ДНК в корі нуклеосоми. Z-форма ДНК. Взаємодія гістон-ДНК в нуклеосомі. Роль N-кінців гістонів. Порядок розташування гістонів вздовж ДНК. Взаємодія з нуклеосомами гістонів Н1 і НМГ-білків. Дія на ДНК нуклеаз. Характеристика отриманих типів нуклеосом.

Динамічні властивості гістонового скелету. Посттрансляційні модифікації гістонів: фосфорилування, ацетилювання, АДФ-рибозилування і метилування. Роль убіхітину в хроматині. Вплив метилування ДНК на її взаємодію з гістонами. Фейзинг нуклеосом, їх позиціювання і спейсинг.

Тема 10. Вищі рівні організації хроматину, ядерний матрикс, транскрипція та реплікація (12 год.).

Утворення хроматинових ниток. Роль гістону Н1 в підтримці наднуклеосомних рівнів в організації хроматину. Моделі вищих рівнів структури хроматину. Укладка хроматинових ниток в метафазних хромосомах. Петельні домени ДНК і модель для структури хромосом. Політенні хромосоми. Хромосоми типу лампових щіток. Хромосоми зрілих сперматозоїдів. Перебудова хромосом і спеціалізація клітин. Взаємодія хромосом з веретеном поділу.

Ядерний матрикс і його функції. Методи виділення і вивчення ядерного матриксу. Морфологія. Біохімічний і поліпептидний склад. Дисульфідні зв'язки між специфічними ядерними поліпептидами. Молекули, що беруть участь в укладці ДНК. ДНК-топоізомерази. Ядерний матрикс і синтез ДНК. Доля матриксу в мітозі. Рецептори гормонів, зв'язані з ядерним матриксом.

Транскрипція і реплікація хроматину. Нуклеазна і електронно-мікроскопічна характеристика активного хроматину. Ділянки, гіперчутливі до нуклеаз. Їх білковий склад. Енхансерні елементи і структура хроматину. Збирання та транскрипція актинового хроматину. Ядерний матрикс і транскрипція. Ядерце - центр утворення рибосом. Структура ядерця, його формування після мітозу. Реплікація хроматину.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ,
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

| № з/п | Назва лекції | Кількість годин | | |
|--|---|-----------------|-----------|-----------|
| | | лекції | практичнв | СРС |
| Змістовий модуль 1 <i>Структурно-функціональна характеристика скелетних структур клітини</i> | | | | |
| 1 | Тема 1. Скелетні структури клітини як універсальні утворення | 2 | | 8 |
| 2 | Тема 2. Позаклітинні скелетні структури клітини як універсальні утворення | 2 | 2 | 8 |
| 3 | Тема 3. Цитоскелет як опорно-рухова система клітини | 2 | 2 | 8 |
| 4 | Тема 4. Проміжні філаменти та скелетні структури хлоропластів та мітохондрій | 2 | 2 | 8 |
| Разом за змістовим модулем 1 | | 8 | 6 | 32 |
| Змістовий модуль 2 <i>Архітектура та динаміка цитоскелету і ядерна оболонка</i> | | | | |
| 5 | Тема 5. Організація ядерної оболонки | 2 | 2 | 8 |
| 6 | Тема 6. Архітектура, динаміка та хореографія цитоскелету | 2 | 2 | 8 |
| 7 | Тема 7. Цитоскелет і нем'язові форми рухомості | 2 | 2 | 8 |
| Разом за змістовим модулем 2 | | 6 | 6 | 24 |
| Змістовий модуль 3 <i>Нуклеоскелетні структури</i> | | | | |
| 8 | Тема 8. Ядерні компоненти і організація ядра | 4 | 2 | 8 |
| 9 | Тема 9. Гістони як скелет хроматину | 2 | 2 | 8 |
| 10 | Тема 10. Вищі рівні організації хроматину, ядерний матрикс, транскрипція та реплікація | 2 | 2 | 8 |
| Разом за змістовим модулем 3 | | 8 | 6 | 24 |
| ВСЬОГО | | 22 | 18 | 80 |

Загальний обсяг – **120 год.**(**4 кредити ECTS**), у тому числі:

Лекцій – **22 год.**

Практичні заняття – **18 год**

Самостійна робота – **80 год.**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Структурно-функціональна характеристика клітин

Тема 1. СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (10 год.)

Лекція 1. СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (2 год.)

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Особливості прокаріотичних клітин.

Особливості еукаріотичних клітин.

Клітинні стінки нижчих рослин.

Клітинні стінки вищих рослин.

Основні цитоскелетні структури.

Нуклеоскелет.

Контрольні запитання та завдання:

1. Структурно-функціональна характеристика клітини.
2. Тривимірний скелет клітини.
3. Клітинна стінка (позаклітинний матрикс) бактеріальних клітин.
4. Клітинна стінка грибів.
5. Клітинні стінки вищих і нижчих рослин.
6. Основні речовини позаклітинного матриксу тваринних клітин.
7. Ламініни. Глікозаміноглікани. Гліколіпіди.
8. Основні цитоскелетні структури: мікротрубочки, актинові філаменти, проміжні філаменти.

Рекомендована література:

[1, 2, 7-9]

ТЕМА 2. ПОЗАКЛІТИННІ СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (12 год).

Лекція 2. ПОЗАКЛІТИННІ СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (2 год).

Практичне заняття 1 (2 год.)

Склад клітинної стінки грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів.

Клітинна стінка грибів.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Клітинна стінка грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів.

Клітинна стінка грибів.

Клітинна стінка рослин.

Контрольні запитання та завдання:

- 1 Склад клітинної стінки грампозитивних мікроорганізмів.

2. Склад клітинної стінки грамнегативних мікроорганізмів.
3. Хімічний склад клітинної стінки рослин.
4. Клітинні стінки вищих і нижчих рослин.
5. Утворення і ріст клітинної стінки.
6. Сполучні елементи матриксу клітин тварин.
7. Основні речовини матриксу.
8. Роль актинових філаментів в упорядкуванні екзоматриксу.

Рекомендована література:

[1, 2, 7-9]

Тема 3. ЦИТОСКЕЛЕТ ЯК ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА КЛІТИНИ (12 год.)

Лекція 3. ЦИТОСКЕЛЕТ ЯК ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА КЛІТИНИ (2 год.)

Практичне заняття 2 (2 год.)

Актинові філаменти в різних типах клітин.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Тонка будова мікротрубочок та мікрофіламентів.

Ізотипи тубуліну, їх функції.

Актин і актин-зв'язуючі білки.

Центри організації мікротрубочок.

Контрольні запитання та завдання:

1. Типи філаментів: проміжні, мікрофіламенти, мікротрубочки.
2. Тонка будова мікротрубочок та мікрофіламентів,
3. Морфологія мікротрубочок.
4. Збирання мікротрубочок.
5. Нуклеація і елонгація мікротрубочок.
6. Роль АТФ в збиранні мікротрубочок.
7. Тирозилування, ацетилювання, фосфорилування білків мікротрубочок.
8. Мікрофіламенти (актинові філаменти) в різних типах клітин.
9. Цитоплазматичні актинові філаменти.
10. Посттрансляційні модифікації білків мікрофіламентів.
11. Центри організації мікротрубочок.
12. Препрофазна стрічка і фрагмопласт у рослин.
13. Клітинний центр: будова, функції.

Рекомендована література:

[2, 3, 7-12]

Тема 4. ПРОМІЖНІ ФІЛАМЕНТИ ТА СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ ХЛОРОПЛАСТІВ ТА МІТОХОНДРІЙ (12 год.)

Лекція 4. ПРОМІЖНІ ФІЛАМЕНТИ ТА СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ ХЛОРОПЛАСТІВ ТА МІТОХОНДРІЙ (2 год.)

Практичне заняття 3 (2 год.)

Проміжні філаменти в різних типах клітин.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Тонка будова проміжних філаментів та їх спеціалізація.

FtZ білки та їх еволюція.

Білки проміжних філаментів.

Закономірності утворення структурних елементів проміжних білків у різних типах клітин.

Контрольні запитання та завдання:

1. Тонка будова проміжних філаментів.
2. Основні типи проміжних (інтермедіатних) філаментів.
3. Фосфорилування білків проміжних філаментів.
4. Функції проміжних філаментів в зв'язку з диференційованим станом клітини.
5. FtZ білки прокариотів.
6. Гомологія FtZ білків прокариотів та тубуліну.
7. FtZ білки органел еукаріотичної клітини.
8. Скелетні структури хлоропластів та мітохондрій.

Рекомендована література:

[3-5]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Архітектура та динаміка цитоскелету і ядерна оболонка

Тема 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДЕРНОЇ ОБОЛОНКИ (14 год.)**Лекція 5. ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДЕРНОЇ ОБОЛОНКИ (4 год.)****Практичне заняття 4 (2 год)**

Робота з сайтами:

<https://www.ascb.org/> Американського товариства клітинних біологів

http://www.cellnucleus.com/education_main.htm відділення онкології

Університету Альберти

<https://web.archive.org/web/20061112023405/http://cellimages.ascb.org/cdm4/browse.php?CISOROOT=%2Fp4041coll6> рисунки та відеоматеріали про ядро

Завдання для самостійної роботи (8 год)

Структурна організація ядерної мембрани.

Ламіни та їх гомологи у рослин.

Ядерна пора.

Динаміка ядерної оболонки у мітотичному циклі.

Структура ядерної пластинки.

Синтез компонентів ядерної мембрани.

Контрольні запитання та завдання:

1. Структурна організація зовнішньої ядерної мембрани.
2. Структурна організація внутрішньої ядерної мембрани.
3. Архітектура і біохімічний склад ядерного порового комплексу (тонка будова, хімічний склад і функції).
4. Ядерний цитоплазматичний транспорт (пасивний і активний).
5. Ядерна мембрана у мітотичному циклі.
6. Регульований імпорт в ядро і експорт РНК з ядра.
7. Структура ядерної пластинки.
8. Зв'язок ядерної пластинки з мембранами.
9. Зв'язок хроматину з ядерною мембраною.
10. Взаємодія ядерної мембрани з цитоскелетом і перебудова під час мітозу.

Рекомендована література:

[2, 3, 7]

Тема 6. АРХІТЕКТУРА, ДИНАМІКА ТА ХОРЕОГРАФІЯ ЦИТОСКЕЛЕТУ (12 год.)

Лекція 6. АРХІТЕКТУРА, ДИНАМІКА ТА ХОРЕОГРАФІЯ ЦИТОСКЕЛЕТУ (2 год.)

Практичне заняття 5 (2 год)

Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Методи візуалізації цитоскелету.

Особливості організації цитоскелету в протопластах.

Взаємодія цитоскелету з плазматичною мембраною і позаклітинним матриксом.

Взаємодія мікрофіламентів і мікротрубочок в позиціюванні органел.

Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини.

Контрольні запитання та завдання:

1. Цитоскелет в спеціалізованих клітинах тваринного походження (еритроцити, тромбоцити, епітеліальні та ендотеліальні клітини).
2. Клітинна стінка рослин і орієнтація мікротрубочок.
3. Особливості організації цитоскелету в протопластах.
4. Руйнування, переорієнтація, стабілізація мікротрубочок під впливом специфічних сполук.
5. Колхіцин, вінбластин, вінкрисин. Гербіциди (динітроанілінові, фосфороамідні, фенілкарбаматні).
6. Триетилсвинець. Таксол та інші сполуки, здатні стабілізувати мікротрубочки.
7. Фалоїдин, цитохалазини.
8. Цитоскелет і експресія геному.
9. Цитоскелет при злитті клітин і стабільність соматичних гібридів.

Рекомендована література:

[1-3, 6-12]

Тема 7. ЦИТОСКЕЛЕТ І НЕМ'ЯЗОВІ ФОРМИ РУХОМОСТІ (12 год.)

Лекція 7. ЦИТОСКЕЛЕТ І НЕМ'ЯЗОВІ ФОРМИ РУХОМОСТІ (2 год.)

Практичне заняття 6 (2 год)

Структурно-біологічна візуалізація взаємодії моторних білків з компонентами цитоскелету.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Методи оцінки активності моторних білків.

Особливості моторних білків в рослинних клітинах.

Роль цитоскелету і їх моторних білків у розвитку автофагії.

Контрольні запитання та завдання:

1. Цитоскелет в спеціалізованих клітинах тваринного походження (еритроцити, тромбоцити, епітеліальні та ендотеліальні клітини).
2. Клітинні стінки рослин і орієнтація мікротрубочок.
3. Особливості організації цитоскелету в протопластах.
4. Руйнування, переорієнтація, стабілізація мікротрубочок під впливом специфічних сполук.
5. Кінезини та їх класифікація
6. Динеїн.
7. Динамін та динактин.
8. Внутрішньоклітинний транспорт за участю цитоскелету.
9. Препрофазна стрічка і утворення мітотичного веретена.
10. Рух хромосом під час профазі і метафазі.
11. Рух хромосом під час анафазі.

Рекомендована література:

[1-3, 6-12]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3

Нуклеоскелетні структури

Тема 8. ЯДЕРНІ КОМПОНЕНТИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДРА (14 год.)

Лекція 8. ЯДЕРНІ КОМПОНЕНТИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДРА (4 год.)

Практичне заняття 7 (2 год)

Клітинне ядро і його основні компоненти.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Ядерні компоненти прокаріотів.

Організація ядра еукаріотичної клітини.

Гетерохроматин і еухроматин.

Білки хроматину.

Структурні компоненти ядерного білкового матриксу.

Контрольні запитання та завдання:

1. Ядерні компоненти прокариотів.
2. Організація ядра еукаріотичної клітини (ядерна оболонка, хроматин, ядерця, каріоплазма і ядерний білковий матрикс).
3. Хроматин і хромосоми.
4. Хроматин.
5. Просторова локалізація хромосом в ядрі.
6. Білки хроматину: гістони і негістонові білки.
7. Рівні компактизації ДНК.
8. Ядерний білковий матрикс.
9. Ядерце.
10. Ядерцевий організатор.
11. РНП-компоненти ядра.

Рекомендована література:

[1-3, 7-10]

ТЕМА 9. ГІСТОНИ ЯК СКЕЛЕТ ХРОМАТИНУ (12 год.)

Лекція 9. ГІСТОНИ ЯК СКЕЛЕТ ХРОМАТИНУ (2 год.)

Практичне заняття 8 (2 год)

Фракціонування гістонів методом гелі-електрофорезу

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Консервативність гістонів.

Властивості і специфічність.

Укладка гістонів, розміри і форма кору.

Порядок розташування гістонів вздовж ДНК.

Контрольні запитання та завдання:

1. Гістони: їх типи, амінокислотна послідовність.
2. Гістонові гени.
3. Загальна характеристика негістонових білків: структурні білки, ферменти, рецептори гормонів.
4. Лабільно- і міцно- зв'язані негістонові білки.
5. Гістон-гістонові взаємодії.
6. Укладка гістонів, розміри і форма кору.
7. Структура і укладка ДНК в корі нуклеосом.
8. Порядок розташування гістонів вздовж ДНК.
9. Дія на ДНК нуклеаз.. Характеристика отриманих типів нуклеосом.

Рекомендована література:

[1-3, 6-12]

ТЕМА 10. ВИЩІ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХРОМАТИНУ, ЯДЕРНИЙ МАТРИКС, ТРАНСКРИПЦІЯ ТА РЕПЛІКАЦІЯ (12 год.)

Лекція 10. ВИЩІ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХРОМАТИНУ, ЯДЕРНИЙ МАТРИКС, ТРАНСКРИПЦІЯ ТА РЕПЛІКАЦІЯ (2 год.)

Практичне заняття 9 (2 год)

Транскрипція і реплікація хроматину

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Посттрансляційні модифікації гістонів.

Моделі структури хроматину.

Політенні хромосоми.

Хромосоми типу лампових щіток.

Контрольні запитання та завдання:

1. Посттрансляційні модифікації гістонів: фосфорилування, ацетилювання, АДФ-рибозилування і метилювання.
2. Роль убіхітину в хроматині.
3. Вплив метилювання ДНК на її взаємодію з гістонами.
4. Фейзинг нуклеосом, їх позиціонування і спейсинг.
5. Роль гістону H1 в підтримці наднуклеосомних рівнів в організації хроматину.
6. Рівні структури хроматину.
7. Петельні домени ДНК і модель для структури хромосом.
8. Політенні хромосоми.
9. Хромосоми типу лампових щіток.
10. Перебудова хромосом і спеціалізація клітин.
11. Взаємодія хромосом з веретеном поділу.

Рекомендована література:

[1-3, 6-12]

Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 5-7, у змістовий модуль 3 (ЗМ3) – теми 8-10.

Види контролю – поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння аспірантами навчального матеріалу. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, письмовий контроль, тестовий, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Обов'язковим для заліку є відпрацювання всіх практичних занять. У випадку відсутності аспіранта, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

Оцінювання за формами поточного контролю:

Коефіцієнт – 2,85

| | ЗМ1 | | ЗМ2 | | ЗМ3 | |
|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| | Min. – 12 балів | Max. – 20 балів | Min. – 9 балів | Max. – 15 балів | Min. – 9 балів | Max. – 15 балів |
| Практична робота | „3” x 4 = 12 | „5” x 4 = 20 | „3” x 3 = 9 | „5” x 3 = 15 | „3” x 3 = 9 | „5” x 3 = 15 |
| Доповнення | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Виступ | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

«3/5» – мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати аспірант.
¹ – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.

Для здобувачів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум 60 балів*, для здачі заліку обов'язкове проходження додаткового тестування.

Підсумковий контроль проводиться як іспит.

При простому розрахунку отримаємо:

| | Змістовий модуль 1 | Змістовий модуль 2 | Іспит (підсумкова оцінка) |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|
| Мінімум | 23 | 37 | 60 |
| Максимум | 44 | 56 | 100 |

При цьому, кількість балів:

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-39** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **40-60** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **61-69** відповідає оцінці «задовільно»;
- **70 - 80** відповідає оцінці «добре»;
- **81 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

| Рівень досягнень, % /Marks, (бали за освітню діяльність) | Оцінка ЄКТС/ECTS | Оцінка за національною шкалою (National grade) |
|---|---------------------|--|
| 90 – 100 | A | відмінно (Excellent) |
| 82 – 89 | B | добре (Good) |
| 74 – 81 | C | |
| 64 – 73 | D | |
| 60 – 63 | E | задовільно (Satisfactory) |
| 35 – 59 | FX | незадовільно (Fail) з можливістю повторного складання |

| | | |
|--------|----------|--|
| 1 – 34 | F | незадовільно (Fail) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни |
|--------|----------|--|

Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного навчання, дослідницькі.

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42, 2, рік введення в експлуатацію – 2004; ноутбук, екран, Zoom/Google Meet — сервіси для дистанційного навчання та он-лайн консультацій.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторії відділу геноміки та молекулярної біотехнології.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА**Основна література**

1. Держинський М.Е., Скрипник Н.В, Гарматіна С.М. та інші. Загальна цитологія та гістологія. Частина I: Загальна цитологія: Навчальний посібник, К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006, 275 с.
2. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P., Wilson J.H., Hunt T.. 2023. *Molecular Biology of the Cell* (7th ed.), NY: Garland Science, 1342 p. ISBN 978-0-8153-4432-2 (hardcover); ISBN 978-0-8153-4464-3 (paperback)
3. [Cooper](#) G.M. *The Cell: A Molecular Approach*. Oxford University Press, 2018, 783 p.
4. Erickson H.P. (2007). Evolution of the cytoskeleton. *BioEssays*. 29: 668—77. [doi:10.1002/bies.20601](https://doi.org/10.1002/bies.20601)
5. Erickson HP, Anderson DE, Osawa M (2010). [FtsZ in Bacterial Cytokinesis: Cytoskeleton and Force Generator All in One](#). *Microbiol Mol Biol Rev*. 74: 504—28. [doi:10.1128/MMBR.00021-10](https://doi.org/10.1128/MMBR.00021-10)
6. Hussey P.J., Wang P. *The Plant Cytoskeleton: Methods and Protocols*. Humana Press, 2023, ISBN: 1071628666,9781071628669
7. Lavelle C., Victor J.-M. *Nuclear architecture and dynamics*. Vol. 2, Academic Press, 2018, ISBN: 9780128034804,0128034807
8. Lodish H., Berk A., Zipursky S. L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. *Molecular Cell Biology* (6th ed.), NY: Freeman and Company, 2018, 1084 p.
9. Pollard T., Earnshaw W., Lippincott-Schwartz J., Johnson G. *Cell Biology*, Elsevier, 2022, 944 p. eBook ISBN: 9780323758024; Paperback ISBN: 9780323758017; Hardcover ISBN: 9780323758000
10. Pratap Sahi V., Baluška F. *The Cytoskeleton: Diverse Roles in a Plant's Life*, Springer Intl Publ., 2019 ISBN: 978-3-030-33527-4,978-3-030-33528-1
11. Wilson J., Hunt T. *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.) *The Problems Book*, 2015; NY: Garland Science, ISBN 978-0-8153-4453-7; <http://www.garlandscience.com>

12. The Actin Cytoskeleton, B. M. Jockusch (eds.), Springer Intl Publ., 2017, ISBN: 978-3-319-46369-8, 978-3-319-46371-1

Додаткова література

1. Держинський М.Е., Вороніна О.К., Скрипник Н.В., Гарматіна С.М., Пазюк Л.М. Загальна цитологія. Практикум: навчальний посібник /; (упорядкування Н.В. Скрипник), К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011, 126 с.
2. Blume Ya.B., Krasylenko Yu.A., Yemets A.I. The role of plant cytoskeleton on phytohormone signaling under abiotic and biotic stresses. In: Mechanism of Plant Hormone Signaling Under Stress: A Functional Genomic Frontier. Vol. 2 (G. Pandey, Ed.). Wiley-Blackwell, 2017 127-185.
3. Kreis T., Vale R. Guidebook to the extracellular matrix, anchor, and adhesion proteins, Oxford Univ. Press, 1998, 540 p.
4. Kreis T., Vale R. Guidebook to the cytoskeletal and motor proteins (Second Edition), Oxford Univ. Press, 1999, 551 p.
5. Laskin, A.I. Handbook of Microbiology: Condensed Edition (1st ed.). CRC Press, 1974. <https://doi.org/10.1201/9781351072939>
6. Smertenko A., Blume Ya.B., Viklicky V., Opatrny Z., Draber P. Posttranslational modifications and multiple isoforms of tubulin in *Nicotiana tabacum* cells., Planta, 1997, V. 201, P. 349-358.
7. Szeverenyi I., Cassidy A.J., Chung C.W., Lee B.T.K., Common J.E.A., Ogg S.C., Chen H., Sim S.Y., Goh W.L.P., Ng K.W., Simpson J.A., Chee L.L., Eng G.H., Li B., Lunny D.P., Chuon D., Venkatesh A., Khoo K.H., McLean W.H.I., Lim Y.P., Lane E.B. The Human Intermediate Filament Database: comprehensive information on a gene family involved in many human diseases. Hum. Mutat., 2008, 29: 351-360. <https://doi.org/10.1002/humu.20652>
8. The Plant Cytoskeleton: Key Tool for Agro-Biotechnology (Eds Blume YaB, Baird W.V., Yemets AI, Breviario D.), Springer, 2008